



REÇU 06 AOUT 2004

OMPI PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Best Available Copy

Fait à Paris, le 22 AVR. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W/ 210

RÉMISE DES PIÈCES DATE 17 AVRIL 2003 LIEU 38 INPI GRENOBLE N° D'ENREGISTREMENT 0304803 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 17 AVR. 2003		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet Hecké World Trade Center - Europole 5, place Robert Schuman BP 1537 38025 Grenoble Cedex 1	
Vos références pour ce dossier (facultatif) PA1747FR			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet Demande de certificat d'utilité Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		Cochez l'une des 4 cases suivantes <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Creuset pour un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin et procédé de fabrication			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique			
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		Apollon Solar SAS 438 743 361 2, rue Dulong 75017 Paris Française N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)	
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays			
<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

REMISE DES PIÈCES DATE 17 AVRIL 2003 LIEU 38 INPI GRENOBLE N° D'ENREGISTREMENT 0304803 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI PA1747FR DB 540 W / 210502							
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)									
Nom Hecké Jouvray Prénom Gérard Marie-Andrée Cabinet ou Société Cabinet Hecké (S.A.) N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse <table border="1"> <tr> <td>Rue</td> <td>World Trade Center - Europole</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>5, place Robert Schuman - BP 1537</td> </tr> <tr> <td>Pays</td> <td>38025 Grenoble Cedex</td> </tr> <tr> <td></td> <td>France</td> </tr> </table> N° de téléphone (facultatif) 04 76 84 95 45 N° de télécopie (facultatif) 04 76 84 95 48 Adresse électronique (facultatif) hecke@dial.oleane.com		Rue	World Trade Center - Europole	Code postal et ville	5, place Robert Schuman - BP 1537	Pays	38025 Grenoble Cedex		France
Rue	World Trade Center - Europole								
Code postal et ville	5, place Robert Schuman - BP 1537								
Pays	38025 Grenoble Cedex								
	France								
7 INVENTEUR (S)									
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques									
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)							
8 RAPPORT DE RECHERCHE									
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé							
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non							
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG							
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences							
Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>							
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1							
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Gérard Hecké CPI 95-1201 Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 							



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1/ 1



REMISE DES PIÈCES DATE 17 AVRIL 2003 LIEU 38 INPI GRENOBLE N° D'ENREGISTREMENT 0304803 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire	
Vos références pour ce dossier (facultatif)		PA1747FR	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		Cyberstar	
Prénoms		_____	
Forme juridique		SA	
N° SIREN		338 222 060	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	Sud Galaxie	
	Code postal et ville	1, rue des Tropiques 38130 Echirolles	
	Pays	_____	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		_____	
N° de télécopie (facultatif)		_____	
Adresse électronique (facultatif)		_____	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		EFD Induction SA	
Prénoms		_____	
Forme juridique		SA	
N° SIREN		329 790 018	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	20 avenue de Grenoble	
	Code postal et ville	38170 Seyssinet Pariset	
	Pays	_____	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		_____	
N° de télécopie (facultatif)		_____	
Adresse électronique (facultatif)		_____	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI D.R. OR	
Gérard Hecké CPI 95-1201 Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410		_____	

Creuset pour un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin et procédé de fabrication

5 Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un creuset pour un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, présentant des parois latérales et un fond.

10

État de la technique

15

Les technologies classiques d'obtention de silicium solide multi-cristallin pour application photovoltaïque trouvent leur limitation

20

- économiquement par le temps de cristallisation nécessaire, lié au volume et à la hauteur du bloc en silicium,
- techniquement par les performances des dispositifs semi-conducteurs, liées à la longueur de diffusion des porteurs minoritaires,
- par des croissances non-contrôlées latérales générant des pertes matières et nécessitant un écroûtage,
- par la diffusion des impuretés du creuset dans le silicium, nécessitant un écroûtage.

25

Afin d'apporter des améliorations à ces limitations, des efforts considérables ont été faits dans la conception des fours et la qualité du matériau à solidifier. Ainsi, la purification plasma et la conception de fours permettant une ségrégation des impuretés métalliques, ont, certes, permis d'améliorer les performances de cellules solaires ainsi obtenues, mais ont toujours trouvé une limitation technico-économique dans le volume et la hauteur du bloc en silicium cristallisé.

La solidification du silicium à partir d'un bain de silicium liquide, est obtenue typiquement par cristallisation dirigée, c'est-à-dire par migration d'un front de solidification (interface solide/liquide) à partir d'une partie initialement solidifiée, notamment un germe ou une première couche cristallisée par refroidissement local. Ainsi, le bloc de silicium solide croît progressivement en se nourrissant du bain liquide. Les deux procédés classiquement utilisés sont le procédé de Czochralski, le procédé de Bridgman ou leurs variantes. Selon le procédé de Czochralski, un germe, souvent orienté par rapport à un axe cristallin du silicium solide, est trempé dans le bain fondu pour être remonté lentement. Le bain de silicium liquide et le gradient thermique restent alors immobiles, tandis que selon le procédé de type Bridgman, on déplace le bain par rapport au gradient thermique, ou bien le gradient thermique par rapport au bain.

La présente invention concerne le procédé de Bridgman. Comme représenté à la figure 1, un récipient contenant le silicium est classiquement constitué par un creuset 1 moulé en quartz, disposé dans un boîtier isolant 2 en matériau isolant. Un gradient thermique est créé entre des moyens de chauffage 3, disposés à la partie supérieure du boîtier isolant 2, et des moyens de refroidissement 4, disposés à la partie inférieure du boîtier isolant 2. Le silicium solide 5, obtenu à partir du silicium liquide 6, présente souvent des inhomogénéités, par exemple une structure en fines particules (« microgrit ») n'ayant pas atteint la taille critique du germe de cristallisation et se trouvant sous forme d'amas, ce qui réduit la longueur de diffusion des porteurs minoritaires. Un autre problème est la création de poches liquides, due aux périodes critiques de fin de cristallisation, phénomène désastreux bien connu de l'homme de l'art. De plus, les surfaces isothermes dans le silicium ne présentent pas des plans parallèles, ce qui détériore également la qualité du silicium solide obtenu.

Objet de l'invention

5 L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, un dispositif et un procédé de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, permettant d'obtenir, en particulier, du silicium multi-cristallin suffisamment pur pour des applications photovoltaïques, tout en réduisant les coûts de la fabrication.

10 Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que, parallèlement à un axe sensiblement perpendiculaire au fond, le fond du creuset a des propriétés de transfert thermique très supérieures à celles des parois latérales du creuset.

15 Selon un développement de l'invention, le fond est transparent au rayonnement infrarouge, les parois latérales étant opaques au rayonnement infrarouge.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le fond est en silice amorphe, les parois latérales étant en céramique de quartz opaque.

20 Selon un autre développement de l'invention, le creuset est en graphite.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le creuset comporte au moins un revêtement sur au moins une face des parois latérales.

25 L'invention a également pour but un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, comportant un creuset disposé dans un boîtier isolant entre des moyens de chauffage et des moyens de refroidissement, et comportant un feutre de graphite, disposé entre le fond du

creuset et les moyens de refroidissement, et des moyens de compression du feutre de graphite pendant la solidification du matériau cristallin.

5 L'invention a également pour but un procédé de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée utilisant un dispositif selon l'invention, de manière à définir dans le creuset un gradient thermique compris entre 8°C/cm et 30°C/cm.

10 Description sommaire des dessins

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

15 La figure 1 montre un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée selon l'art antérieur.

La figure 2 montre un dispositif selon l'invention comportant un creuset selon l'invention.

Description de modes particuliers de réalisation

25 Le dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, représentée à la figure 2, comporte un boîtier isolant 2 et un creuset dont le fond 7 a des propriétés de transfert thermique, parallèlement à un axe sensiblement perpendiculaire au fond 7, très supérieures à celles des parois latérales 8 du creuset. Les propriétés de transfert thermique englobent, d'une

part, la conductivité thermique du matériau et, d'autre part, son coefficient de transmission du rayonnement infrarouge. Des moyens de chauffage 3 et des moyens de refroidissement 4 sont respectivement constitués par une résistance chauffante disposée au-dessus du creuset, dans le boîtier isolant 2 et par un échangeur de chaleur, disposé sous le creuset, dans le boîtier isolant 2. La résistance chauffante et l'échangeur de chaleur sont suffisamment larges pour couvrir complètement le creuset.

Par la suite, plusieurs modes de réalisation particuliers sont décrits en référence à la fabrication d'un bloc de silicium. Cependant, l'invention s'applique à tout type de matériau cristallin.

Dans un mode de réalisation particulier, le fond 7 du creuset est transparent au rayonnement infrarouge, tandis que les parois latérales 8 sont opaques au rayonnement infrarouge. Un tel creuset peut être constitué d'un fond 7 en silice amorphe et de parois latérales 8 en céramique de quartz opaque. Ainsi, le rayonnement infrarouge, émis par le silicium solide 5 contenu dans le creuset, est transmis à l'échangeur 4 de chaleur à travers la silice amorphe transparente, ce qui permet d'évacuer la chaleur du silicium solide 5 et d'établir dans le creuset un gradient thermique d'au moins $8^{\circ}\text{C}/\text{cm}$. En effet, un gradient thermique prédéterminé nécessite une évacuation de chaleur efficace, proportionnelle au gradient thermique. L'opacité des parois latérales 8, par contre, empêche l'échange de rayonnement infrarouge par l'intermédiaire des parois, qui entraînerait la convection du silicium liquide. Ainsi, les surfaces isothermes sont sensiblement planes et parallèles et, par conséquent, le front de solidification est également sensiblement plan, parallèlement au fond 7 du creuset.

Il est à noter que les conductivités thermiques de la silice amorphe, d'une part, et de la céramique de quartz opaque, d'autre part, sont pratiquement du même ordre, environ $2 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$. La différence de transfert thermique est alors uniquement due à la transparence au rayonnement infrarouge.

5

Lors de la cristallisation du silicium, l'épaisseur de la phase solide augmente, de manière à ce que le front de solidification progresse vers le haut en s'éloignant du fond de creuset. La température de fusion de silicium étant de 1410°C , la surface isotherme de 1410°C s'éloigne alors du fond du creuset, ce qui conduit à une diminution de la température au fond du creuset au cours du procédé de cristallisation. Or, la puissance émise par rayonnement par un corps quelconque diminue fortement avec la température.

10

Afin que la puissance thermique évacuée par les moyens de refroidissement 4, reste sensiblement constante pendant la durée de solidification, on peut intégrer dans le dispositif un feutre de graphite 9 (figure 2), disposé entre le fond du creuset et les moyens de refroidissement 4, et des moyens 10 de compression du feutre de graphite pendant la solidification du silicium. Sur la figure 2, les moyens de refroidissement 4 et le feutre de graphite 9 sont disposés entre les moyens 10 de compression et le creuset, de manière à ce que les moyens de compression 10 exercent une pression contre le creuset et les moyens de refroidissement. Ainsi, l'épaisseur du feutre de graphite 9 diminue et sa conductivité thermique augmente. Le transfert thermique par conductivité du feutre de graphite 9 peut alors être contrôlé par les moyens de compression 10.

Au cours du procédé de solidification, la force de compression peut être augmentée progressivement pour compenser la diminution du transfert thermique par rayonnement à travers le fond du creuset. Par conséquent, lors du procédé de solidification, le gradient thermique dans le creuset peut être contrôlé et maintenu à une valeur comprise entre 8°C/cm et 30°C/cm , et de

20

25

préférence entre 10°C/cm et 20°C/cm. L'épaisseur du feutre de graphite non-comprimé est de 5mm, tandis que son épaisseur est de 3,5 mm sous compression.

- 5 L'échangeur de chaleur comporte typiquement un circuit de fluide caloporteur, par exemple de l'huile de synthèse ayant une température inférieure à 300°C. Avec un fluide fonctionnant à haute température, par exemple un gaz sous pression, par exemple de l'hélium, il est possible de faire varier la température du fluide caloporteur de manière contrôlée, afin d'assurer que la puissance
10 évacuée reste constante pendant la durée de solidification.

- Dans un autre mode de réalisation particulier, le matériau du creuset peut avoir des propriétés anisotropes de conduction thermique. Par exemple, le creuset peut être en graphite. Le graphite ayant des propriétés fortement anisotropes,
15 dues à sa structure cristalline, on peut notamment réaliser un creuset, dont le fond et les parois latérales sont constitués par des plaques de graphite ayant une conductivité thermique faible dans le plan des plaques et élevée dans une direction perpendiculaire au plan. Ainsi, l'énergie thermique du silicium est transmise à l'échangeur de chaleur par conduction à travers le fond 7, tandis
20 que la conduction thermique dans les parois latérales est très faible, parallèlement à un axe sensiblement perpendiculaire au fond. Ce mode de réalisation permet également d'établir un gradient thermique d'au moins 8°C/cm et de réaliser un front de solidification sensiblement plan.

- 25 Dans un mode de réalisation préférentiel, le creuset comporte un revêtement 11 sur une face interne et/ou une face externe des parois latérales, ce qui permet de modifier les propriétés de transfert thermique des parois latérales. En effet, un dépôt de nitrure de silicium sur la face interne des parois latérales 8, par exemple, permet de diminuer l'émissivité des parois latérales 8 et ainsi, de

réduire le transfert thermique par rayonnement. Un revêtement comportant un matériau réfléchissant, par exemple du platine, disposé sur la face externe des parois latérales 8, permet également de diminuer le transfert thermique à travers les parois latérales 8.

5

Selon un exemple numérique, un creuset carré de côté de 450mm et de hauteur de 250mm est rempli de 50,6 litres de silicium liquide, ce qui correspond à 128 kg de silicium. Typiquement, l'épaisseur des parois latérales du creuset est de 10mm et l'épaisseur du fond du creuset est de 10 mm. La cristallisation s'effectue avantageusement à une vitesse déterminée de 20mm/h et dure, par conséquent, 12 heures et 30 minutes. La différence de température initiale entre le haut et le bas du creuset est de 375°C, ce qui correspond à un gradient thermique de 15°C/cm dans la phase liquide. La puissance P_J dissipée par effet Joule dans la résistance de chauffage est essentiellement récupérée au niveau de l'échangeur de chaleur situé sous le creuset, en négligeant les pertes thermiques transmises par le boîtier isolant 2 vers l'extérieur. En plus de la puissance P_J , une puissance P_L , restituée lors de la cristallisation par la chaleur latente de la transition liquide/solide, est récupérée au niveau de l'échangeur de chaleur. La puissance P_J , dépendant du gradient thermique dans la phase liquide et de la conductivité du silicium liquide (56 W/(m°C)), est de l'ordre de 17 kW pour le dispositif considéré dans l'exemple, tandis que la puissance P_L , dépendant de la vitesse de cristallisation, est de l'ordre de 5 kW, la puissance évacuée dans l'échangeur étant alors de l'ordre de 22kW. En considérant un fond 7 de creuset complètement transparent, une puissance thermique de 22kW peut être évacuée par rayonnement par un échangeur de chaleur maintenu à une température de 20°C, pour une température du silicium solide de 1150°C au fond du creuset, l'émissivité du silicium étant d'environ 50%.

10

15

20

25

L'invention permet une cristallisation contrôlée de silicium multi-cristallin, suffisamment pur pour des applications photovoltaïques, à partir de silicium métallurgique pré-purifié, qui est beaucoup moins cher que le silicium répondant aux exigences de la micro-électronique, usuellement utilisé pour les applications photovoltaïques. L'invention permet également d'obtenir un bloc de silicium multi-cristallin d'une hauteur plus importante que la hauteur obtenue avec les techniques connues et une plus grande efficacité des fluides utilisés pour les moyens de refroidissement. Grâce au gradient thermique compris entre $8^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ et $30^{\circ}\text{C}/\text{cm}$, le front de solidification est mieux stabilisé, la ségrégation des impuretés métalliques est améliorée et la taille des grains cristallins est augmentée et. Ainsi, la longueur de diffusion des porteurs minoritaires et les performances des dispositifs photovoltaïques sont augmentées.

Revendications

- 5 1. Creuset pour un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, présentant des parois latérales (8) et un fond (7), creuset caractérisé en ce que, parallèlement à un axe sensiblement perpendiculaire au fond (7), le fond (7) a des propriétés de transfert thermique très supérieures à celles des parois latérales (8).
- 10 2. Creuset selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fond (7) est transparent au rayonnement infrarouge, les parois latérales (8) étant opaques au rayonnement infrarouge.
- 15 3. Creuset selon la revendication 2, caractérisé en ce que le fond (7) est en silice amorphe, les parois latérales (8) étant en céramique de quartz opaque.
- 20 4. Creuset selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau du creuset a des propriétés anisotropes de conduction thermique.
- 25 5. Creuset selon la revendication 4, caractérisé en ce que le creuset est en graphite.
6. Creuset selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le creuset comporte au moins un revêtement (11) sur au moins une face des parois latérales (8).
7. Creuset selon la revendication 6, caractérisé en ce que le matériau du revêtement (11) est choisi parmi le nitrure de silicium et les matériaux réfléchissants.

8. Dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, comportant un creuset disposé dans un boîtier isolant (2) entre des moyens de chauffage (3) et des moyens de refroidissement (4), dispositif
5 caractérisé en ce que le creuset est un creuset selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte un feutre de graphite (9), disposé entre le fond (7) du creuset et les moyens de
10 refroidissement (4), et des moyens de compression (10) pour comprimer le feutre de graphite (9) pendant la cristallisation du matériau cristallin.

10. Procédé de fabrication d'un bloc de matériau cristallin par cristallisation dirigée, caractérisé en ce qu'il utilise un dispositif selon l'une quelconque des
15 revendications 8 et 9, de manière à définir un gradient thermique compris entre 8°C/cm et 30°C/cm dans la phase liquide.

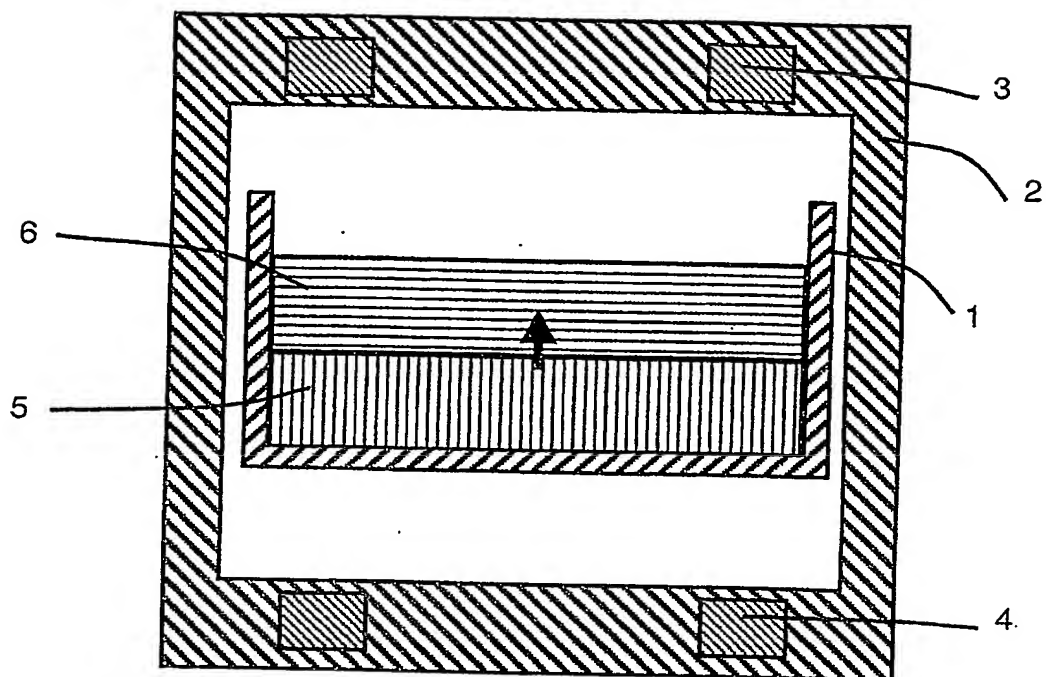


Figure 1 (Art antérieur)

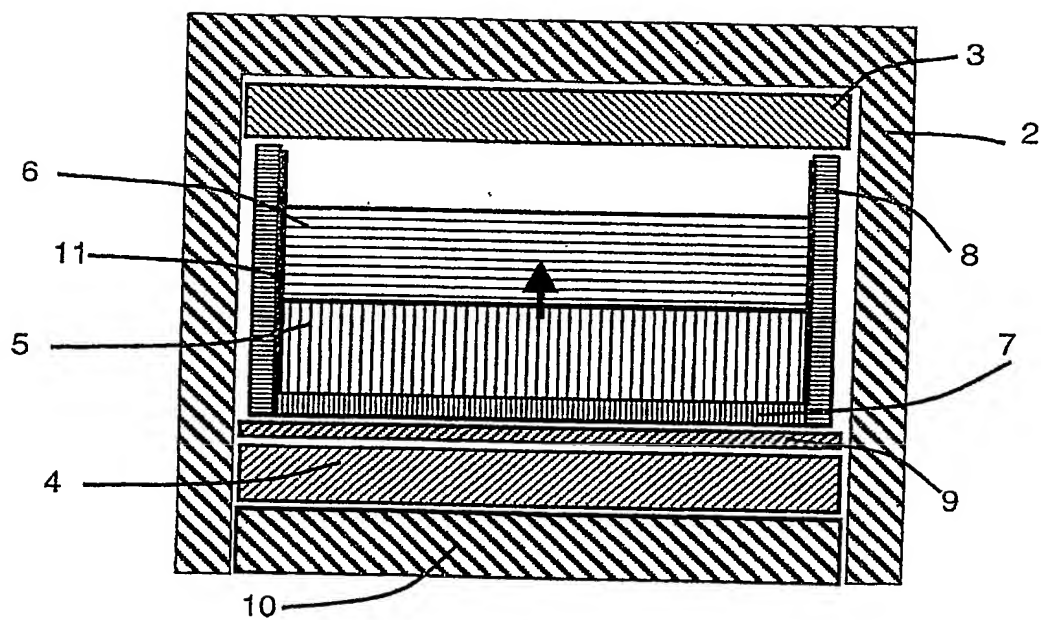


Figure 2

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/ 1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		PA1747ER
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0304803
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Creuset pour un dispositif de fabrication d'un bloc de matériau cristallin et procédé de fabrication		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Apollon Solar Cyberstar EFD Induction SA		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	Einhaus
	Prénoms	Roland
Adresse	Rue	4, rue des Moineaux
	Code postal et ville	38300 Bourgoin Jallieu
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	Lissalde
	Prénoms	François
Adresse	Rue	6, rue des Bleuets
	Code postal et ville	38180 Seyssins
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	Rivat
	Prénoms	Pascal
Adresse	Rue	Chemin des Thubes
	Code postal et ville	38590 St. Etienne de St. Geoirs
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Gérard Hecké CPI 95-1201		Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**